



# Un saut en Italie ?

## ■ Chimie : constitution de la matière, solvants et solutés, transformations de la matière

- schéma de Lewis d'une molécule ou d'un ion
- isotopes
- masse molaire
- Acides et bases
- pH
- réaction acidobasique

## ■ Physique : mouvements et interactions

- Deuxième loi de Newton
- Equations horaires

La côte amalfitaine au Sud de l'Italie est très connue pour ses paysages magnifiques. Nous étudions dans ce problème un saut en parachute au-dessus de l'île d'Ischia, au large de Naples, puis la composition chimique de ses eaux thermales particulières.

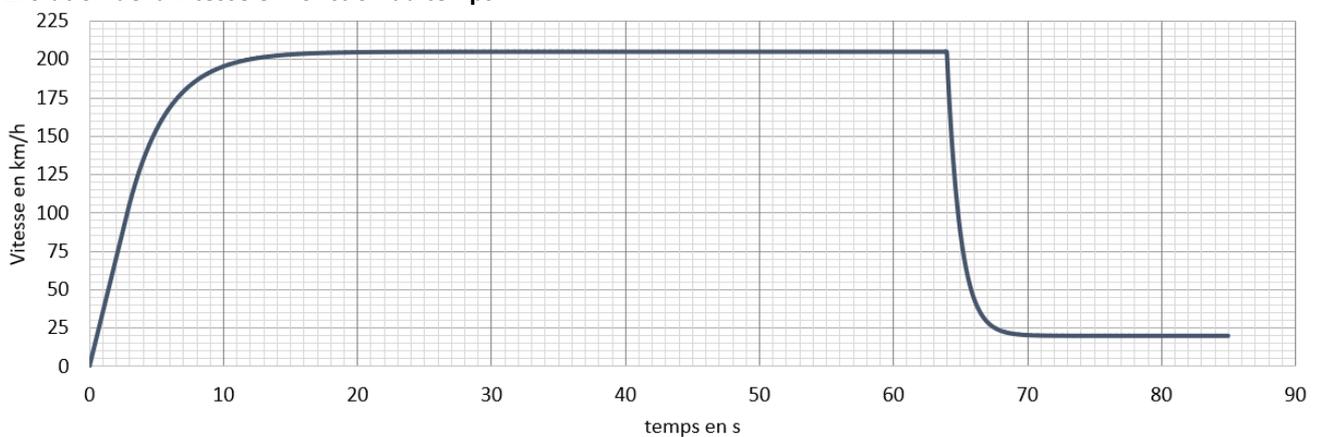


Crédit photo : Angio26 – Licence CC BY SA 4.0

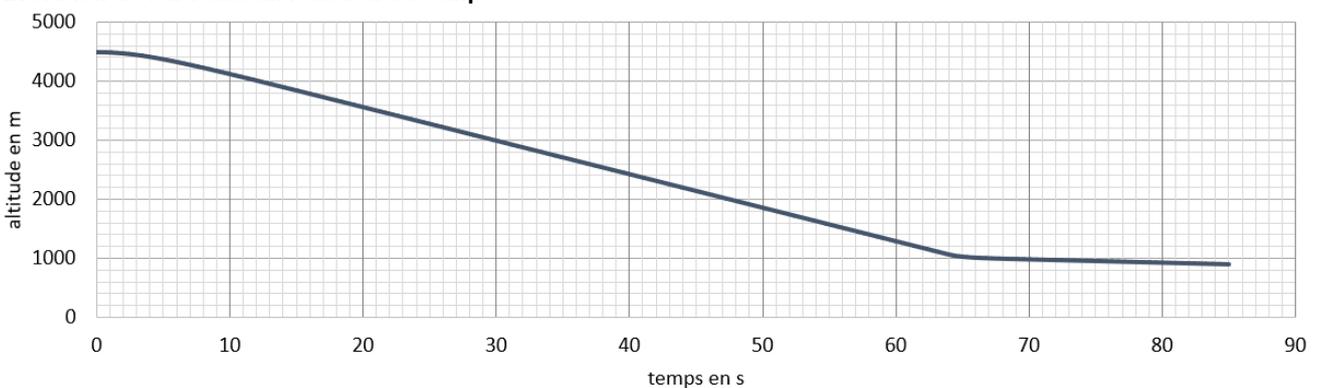
### Partie 1 : Saut en parachute pour voir d'en haut la côte amalfitaine

Un parachutiste saute verticalement, sans vitesse initiale d'une altitude de 4,5 km. Sa montre connectée recueille des informations au sujet de son altitude et de sa vitesse, celles-ci sont reproduites ci-dessous.

#### Évolution de la vitesse en fonction du temps



#### Évolution de l'altitude en fonction du temps



**DONNÉES sur le parachutiste et son mouvement**

- Altitude de départ  $z = 4,5 \text{ km}$
- Masse du parachutiste et de son équipement  $m = 80,0 \text{ kg}$
- Volume du parachute  $V = 70,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Intensité de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'air :  $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

**DOCUMENT 1 : forces exercées sur le système parachutiste + équipement**

Le système étudié est supposé être soumis à trois forces :

- son poids  $\vec{P}$  ;
- la poussée d'Archimède  $\vec{\Pi}$ , de valeur  $\Pi = \rho_{\text{air}} V g$
- une force de frottement de valeur  $f = k v^2$  ( $v$  étant la valeur de sa vitesse et  $k$  une constante de valeur  $k = 0,12 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  avant que le parachute ne soit déployé).

**Étude de la première phase du mouvement :  $0 < t < 3 \text{ s}$** 

1. Donner les caractéristiques (direction, sens et valeur) du poids du système parachutiste + équipement.
2. Montrer que la poussée d'Archimède est négligeable par rapport au poids (on suppose qu'une force est négligeable devant une autre si sa valeur est plus de 10 fois inférieure).
3. Estimer la valeur de la force de frottement  $f$  à la date  $t = 2 \text{ s}$ .
4. Est-il possible de négliger la force de frottement devant le poids ?
5. Calculer la valeur de l'accélération  $a$  du parachutiste.

L'altitude  $z(t)$  en mètres durant cette première phase de chute est donnée par l'équation :

$$z(t) = -4,9 t^2 + 4500$$

6. Montrer que la distance parcourue pendant cette première phase est proche de 44 m.
7. Après avoir exprimé  $v(t)$ , calculer la valeur absolue de la vitesse du parachutiste à la fin de cette première phase. La comparer avec la valeur lue sur le graphique.

**Étude de la troisième phase :  $15 \text{ s} < t < 64 \text{ s}$** 

8. Comment qualifier le mouvement lors de cette troisième phase ?
9. Donner les expressions de la valeur de la vitesse  $v(t)$  et de celle de l'accélération  $a(t)$  lors de cette phase.

Lors de cette phase la distance parcourue  $d(t)$  est donnée par :  $d(t) = 56,9 (t - 15)$

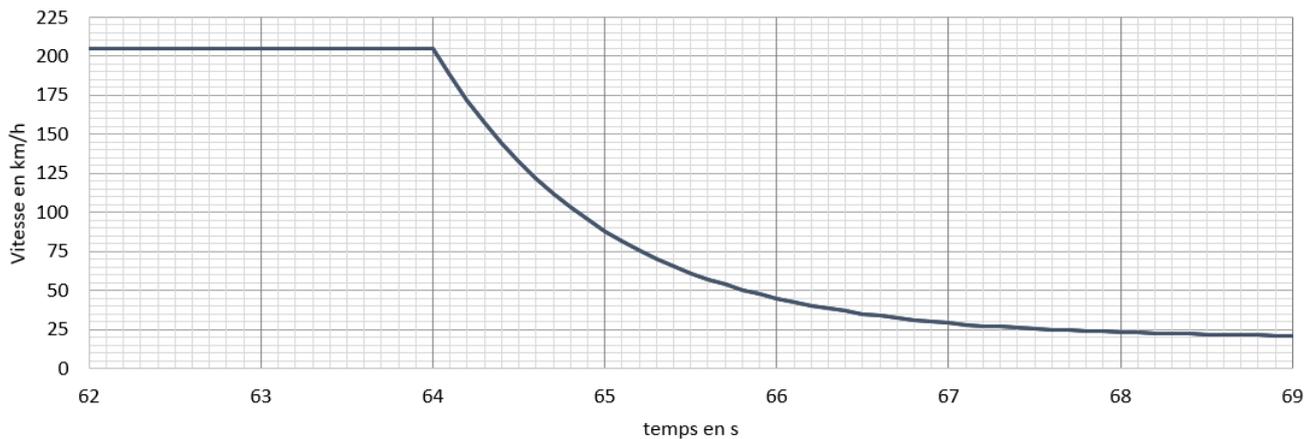
10. Calculer la distance parcourue par le parachutiste lors de cette troisième phase.
11. Vérifier que le résultat précédent est compatible avec le graphique du préambule.
12. Donner les caractéristiques des forces qui s'exercent sur le parachutiste lors de cette troisième phase.

**Étude de la quatrième phase :  $t > 64 \text{ s}$** 

13. La date  $t = 64 \text{ s}$  correspond à l'ouverture du parachute. Parmi les trois forces auxquelles le système est soumis (poids, poussée d'Archimède et frottement), laquelle est brutalement modifiée ? Comment est-elle modifiée ?
14. Représenter (sans souci d'échelle) les forces appliquées au système.



Voici un « zoom » du graphique proposé en préambule, donnant l'évolution temporelle de la vitesse du système autour de la date  $t = 64$  s :



15. Exploiter ce graphique pour déterminer graphiquement la valeur de l'accélération à la date  $t = 64$  s.
16. En déduire la valeur de la force de frottement et la comparer à celle calculée à la question 3 de manière à vérifier la réponse 13.

## Partie 2 : ses volcans à la cure thermique

Ischia est réputée pour ses sources d'eau chaude sulfurée qui ont des vertus thérapeutiques. Cette île volcanique est l'un des patrimoines thermaux les plus riches du monde, avec 69 groupes de fumerolles, 29 bassins hydrothermaux et près de 100 sources d'eaux thermominérales, dont les températures à l'air libre varient entre 15 °C et 86 °C. C'est simple, c'est ici que les Grecs ont inventé la thalassothérapie ! Pour séduire les visiteurs, on ne dit plus « *établissement thermal* » mais « *jardin thermal* ».

Les fumerolles sont des émissions de vapeur d'eau chaude (entre 300°C et 1000°C) mélangé à du dioxyde de carbone, du dioxyde de soufre et du sulfure d'hydrogène  $H_2S$ . Ce dernier gaz étant toxique, l'inhalation des vapeurs peut s'avérer dangereuse. Il existe aussi à Ischia des dépôts volcaniques de soufre solide.

### DOCUMENT 6 : pourcentages de différents noyaux de soufre

Noyau	${}^{32}_{16}\text{S}$	${}^{34}_{16}\text{S}$	${}^{33}_{16}\text{S}$	${}^{36}_{16}\text{S}$
Pourcentage	95,02	4,21	0,75	0,02

### Données et hypothèse de travail :

- Masse d'un nucléon :  $m(\text{nucléon}) = 1,67 \times 10^{-27}$  kg
- Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>
- On assimile la masse de l'atome à celle de son noyau.

17. Donner la composition des quatre noyaux cités dans le tableau précédent.
18. Justifier que ces quatre noyaux sont isotopes.
19. Calculer les masses atomiques en kg, puis en g de chaque isotope.
20. Calculer la masse molaire atomique de chaque isotope en g · mol<sup>-1</sup>.
21. En utilisant les pourcentages du tableau, calculer la masse molaire moyenne de l'élément soufre en g · mol<sup>-1</sup>.
22. Le tableau périodique indique une masse molaire  $M(\text{S}) = 32,065$  g · mol<sup>-1</sup> : commenter le résultat obtenu à la question 21.

**DOCUMENT 7 : composition d'une eau thermale sulfurée**

Lorsque qu'elle est dite « sulfurée », une eau thermale se caractérise par la présence de l'élément soufre sous la forme de sulfure d'hydrogène  $H_2S$ , d'ions hydrogénosulfures  $HS^-$  et d'ions sulfures  $S^{2-}$ . Sa température est voisine de  $40^\circ C$ . Son pH est voisin de 9,3.

**Données.**

- Produit ionique de l'eau à  $25^\circ C$  :  $K_e(25^\circ C) = 1,00 \times 10^{-14}$
- Produit ionique de l'eau à  $40^\circ C$  :  $K_e(40^\circ C) = 3,00 \times 10^{-14}$
- pKa des couples acide / base :  
 $pK_{a1}(H_2S/HS^-) = 7,1$   
 $pK_{a2}(HS^-/S^{2-}) = 13$

23. En utilisant le document 6, écrire la structure électronique de l'atome de soufre.
24. Écrire les représentations de Lewis des molécules citées dans le document 7.
25. Quelle est la particularité de l'ion hydrogénosulfure ? Comment s'appelle un tel composé ?
26. Calculer la concentration en quantité de matière en ions hydroxyde dans cette eau thermale.
27. Quelle est l'espèce chimique prédominante dans cette eau thermale ?

Certains produits ménagers contiennent de l'acide chlorhydrique en solution.

28. Écrire l'équation de la dissolution du chlorure d'hydrogène gazeux  $HCl(g)$ . Préciser si cet acide est fort ou faible.
29. Que peut-il de passer en termes de réaction chimique si on met en contact cette eau thermale avec un produit ménager contenant de l'acide chlorhydrique ?